

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-062813

(43)Date of publication of application : 12.03.1993

(51)Int.Cl. H01F 1/053
B22D 11/06
C22C 33/04

(21)Application number : 03-244476

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 29.08.1991

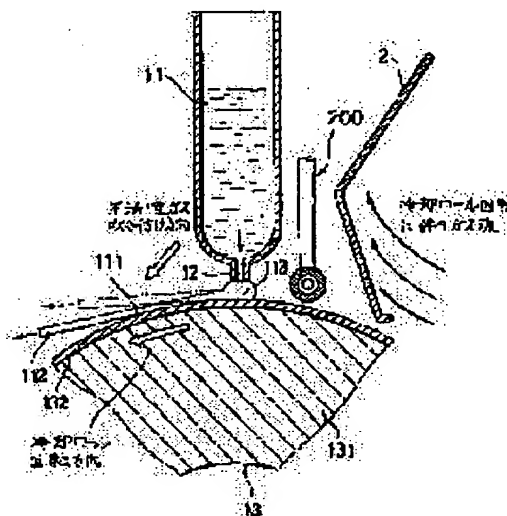
(72)Inventor : NAKAMURA HIDEKI
FUKUNO AKIRA
YONEYAMA TETSUTO

(54) METHOD OF MANUFACTURING PERMANENT MAGNETIC MATERIAL

(57)Abstract:

PURPOSE: To restrain scattering of a crystal particle in a method of manufacturing a permanent magnetic material using a single roll method.

CONSTITUTION: In an inert gas atmosphere, an Nb-Fe-B group alloy molten metal 11 is jetted from a nozzle 12 and made to strike the peripheral surface of a cooling roll 13 rotating with respect to the nozzle to come into contact with the peripheral surface of the cooling roll, whereby the alloy is cooled from the one direction. In this process, gas flow due to a rotation of the cooling roll 13 strikes the vicinity of a paddle 113 composed of a molten alloy. In order to prevent the striking, a windshield 2 in the vicinity of the cooling roll peripheral surface is provided.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.07.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 08.08.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-62813

(43)公開日 平成5年(1993)3月12日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H 0 1 F 1/053				
B 2 2 D 11/06	3 6 0 B	8823-4E		
C 2 2 C 33/04	D	8414-4K		
		7371-5E	H 0 1 F 1/04	H

審査請求 未請求 請求項の数9(全11頁)

(21)出願番号 特願平3-244476

(22)出願日 平成3年(1991)8月29日

(71)出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社
東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72)発明者 中村 英樹

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(72)発明者 福野 亮

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(72)発明者 米山 哲人

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

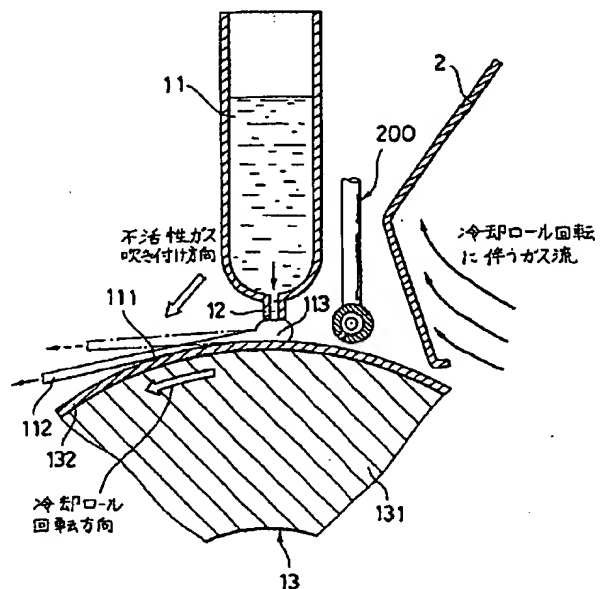
(74)代理人 弁理士 石井 陽一 (外1名)

(54)【発明の名称】 永久磁石材料の製造方法

(57)【要約】

【目的】 片ロール法を用いて永久磁石材料を製造する方法において、結晶粒径のばらつきを抑える。

【構成】 不活性ガス雰囲気中で、Nd-Fe-B系合金溶湯11をノズル12から射出し、ノズルに対して回転している冷却ロール13の周面に衝突させ、冷却ロール周面と接触させることにより前記合金を一方向から冷却する工程において、前記冷却ロールの回転に起因するガス流が、溶湯状の合金から構成されるパドル113付近に当たることを防ぐように、前記冷却ロール周面近傍に風防2を設ける。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 不活性ガス雰囲気中において、R（ただし、RはYを含む希土類元素の1種以上である。）と、FeまたはFeおよびCoと、Bとを含有する溶湯状の合金をノズルから射出し、ノズルに対して回転している冷却ロールの周面に衝突させ、冷却ロール周面と接触させることにより前記合金を一方向から冷却する工程を有する永久磁石材料の製造方法であって、前記冷却ロールの回転に起因するガス流が、溶湯状の合金から構成されるパドル付近に当たることを防ぐように、前記冷却ロール周面近傍に風防を設けることを特徴とする永久磁石材料の製造方法。

【請求項 2】 前記冷却ロール回転時に、前記風防と前記冷却ロール周面との距離を 5mm 以下に保つ請求項 1 に記載の永久磁石材料の製造方法。

【請求項 3】 前記ガス流が前記ノズル付近に当たることを防ぐように前記風防を設ける請求項 1 または 2 に記載の永久磁石材料の製造方法。

【請求項 4】 前記風防と前記パドルとの間の前記冷却ロール周面近傍に、前記パドル付近を減圧するための吸気手段を設ける請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の永久磁石材料の製造方法。

【請求項 5】 前記冷却ロールが、基材とこの基材周面に形成された表面層を有するものであり、この表面層の熱伝導度が前記基材の熱伝導度より低く、前記表面層の厚さが 10～100μm である請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の永久磁石材料の製造方法。

【請求項 6】 前記冷却ロールの表面層が、Cr、Ni、Co、Nb および V から選択される少なくとも 1 種の元素を含有する金属または合金等の熱伝導度が 0.6 J/(cm·s·K) 以下である材質から構成され、液相めっき、気相めっき、溶射、薄板の接着または円筒状部材の焼きばめにより形成されている請求項 5 に記載の永久磁石材料の製造方法。

【請求項 7】 前記冷却ロールの基材が、銅または銅系合金等の熱伝導度 1.4 J/(cm·s·K) 以上である材質から構成されている請求項 5 または 6 に記載の永久磁石材料の製造方法。

【請求項 8】 冷却ロールの周面に向かう方向に不活性ガス流を吹き付けることにより、冷却ロール周面付近に存在する合金と冷却ロール周面との接触時間を延長させる請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の永久磁石材料の製造方法。

【請求項 9】 溶湯状の合金と接触する前記冷却ロール周面の中心線平均粗さ Ra が 0.07～5μm である請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の永久磁石材料の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、R（RはYを含む希土

類元素である。以下同じ。）Fe および B を含むか、あるいはさらに Co を含む Fe—(Co)—R—B 系の永久磁石材料を片ロール法により製造する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 高性能を有する希土類磁石としては、粉末冶金法による Sm—Co 系磁石でエネルギー積 3.2 MG0e のものが量産されている。しかし、このものは Sm、Co の原料価格が高いという欠点を有する。希土類元素の中では原子量の小さい元素、例えば、セリウムやプラセオジウム、ネオジウムは、サマリウムよりも豊富にあり価格が安い。また、Fe は Co に比べ安価である。そこで、近年、Nd—Fe—B 等の R—Fe—B 系磁石が開発され、特開昭 60—9852 号公報では高速急冷法によるものが開示されている。

【0003】 高速急冷法は、金属の溶湯を冷却基体表面に衝突させて急冷し、薄帯状、薄片状、粉末状などの金属を得る方法であり、冷却基体の種類により、片ロール法、双ロール法、ディスク法等に分類される。これらの高速急冷法のうち、片ロール法では冷却基体として 1 個の冷却ロールを用いる。そして、溶湯状の合金をノズルから射出し、ノズルに対して回転している冷却ロールの周面に衝突させ、冷却ロール周面と接触させることにより合金を一方向から冷却し、通常、薄帯状の急冷合金を得る。合金の冷却速度は、通常、冷却ロールの周速度により制御される。片ロール法は、機械的に制御する部分が少なく安定性が高く、経済的であり、また、保守も容易であるため汎用されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 R—Fe—B 系合金は極めて酸化され易いため、その高速急冷は不活性ガス雰囲気中で行なわれる。回転する冷却ロールの周面付近の不活性ガスは、ガスの粘性により冷却ロール回転方向に進行するガス流となる。このため片ロール法では、冷却ロール周面付近の不活性ガスが冷却ロールの回転に伴って溶湯状合金と冷却ロール周面との間に巻き込まれる。巻き込まれた不活性ガスは、合金と冷却ロール周面との接触を阻害するため合金の冷却速度が低下し、巻き込み部分での結晶粒が粗大化する。従って、ロール面（冷却時に冷却ロール周面と接触した面）側の結晶粒径が不均一となり、また、フリー面（ロール面に対向する面）側にもその影響を受け、結晶粒径が大きくなってしまう。

【0005】 また、片ロール法により製造された急冷合金は、ロール面側における冷却速度がフリー面側における冷却速度よりも大きいため、例えばフリー面側の結晶粒径はロール面側の結晶粒径の 10 倍程度以上にも達してしまう。このため、最適な結晶粒径を有する領域が極めて狭くなってしまい、高い磁気特性を得ることが困難である。また、このため、急冷合金を粉碎したとき、得られる磁石粉末中には高磁気特性の磁石粒子と低磁気特

性の磁石粒子とが混在することになり、この磁石粉末を樹脂バインダ中に分散しボンディッド磁石とした場合、磁石全体として高磁気特性が得られないばかりでなく、磁気特性が部分的に異なるボンディッド磁石となってしまう。

【0006】本発明は、このような事情からなされたものであり、片ロール法を用いて永久磁石材料を製造する方法において、結晶粒径のばらつきを抑えることを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】このような目的は、下記(1)～(9)の本発明により達成される。

(1) 不活性ガス雰囲気中において、R（ただし、RはYを含む希土類元素の1種以上である。）と、FeまたはFeおよびCoと、Bとを含有する溶湯状の合金をノズルから射出し、ノズルに対して回転している冷却ロールの周面に衝突させ、冷却ロール周面と接触させることにより前記合金を一方向から冷却する工程を有する永久磁石材料の製造方法であって、前記冷却ロールの回転に起因するガス流が、溶湯状の合金から構成されるパドル付近に当たることを防ぐように、前記冷却ロール周面近傍に風防を設けることを特徴とする永久磁石材料の製造方法。

【0008】(2) 前記冷却ロール回転時に、前記風防と前記冷却ロール周面との距離を5mm以下に保つ上記(1)に記載の永久磁石材料の製造方法。

【0009】(3) 前記ガス流が前記ノズル付近に当たることを防ぐように前記風防を設ける上記(1)または(2)に記載の永久磁石材料の製造方法。

【0010】(4) 前記風防と前記パドルとの間の前記冷却ロール周面近傍に、前記パドル付近を減圧するための吸気手段を設ける上記(1)ないし(3)のいずれかに記載の永久磁石材料の製造方法。

【0011】(5) 前記冷却ロールが、基材とこの基材周面に形成された表面層を有するものであり、この表面層の熱伝導度が前記基材の熱伝導度より低く、前記表面層の厚さが10～100μmである上記(1)ないし(4)のいずれかに記載の永久磁石材料の製造方法。

【0012】(6) 前記冷却ロールの表面層が、Cr、Ni、Co、NbおよびVから選択される少なくとも1種の元素を含有する金属または合金等の熱伝導度が0.6J/(cm・s・K)以下である材質から構成され、液相めっき、気相めっき、溶射、薄板の接着または円筒状部材の焼きばめにより形成されている上記(5)に記載の永久磁石材料の製造方法。

【0013】(7) 前記冷却ロールの基材が、銅または銅系合金等の熱伝導度1.4J/(cm・s・K)以上である材質から構成されている上記(5)または(6)に記載の永久磁石材料の製造方法。

【0014】(8) 冷却ロールの周面に向かう方向に不

活性ガス流を吹き付けることにより、冷却ロール周面付近に存在する合金と冷却ロール周面との接触時間を延長させる上記(1)ないし(7)のいずれかに記載の永久磁石材料の製造方法。

【0015】(9) 溶湯状の合金と接触する前記冷却ロール周面の中心線平均粗さRaが0.07～5μmである上記(1)ないし(8)のいずれかに記載の永久磁石材料の製造方法。

【0016】

10 【作用】本発明は片ロール法に適用される。本発明では、図1に示すように、ノズル12の手前に風防2を設け、溶湯状合金11から構成されるパドル（ノズル12先端部と冷却ロール13周面との間に存在する溶湯状合金の溜り）113付近に前記ガス流が当たることを防ぐ。このような構成により、合金と冷却ロール周面との間に不活性ガスが巻き込まれることが著しく抑えられ、合金と冷却ロール周面との密着性が向上してロール面の冷却速度の位置的なばらつきが減少し、また、フリー面側の結晶粒径のばらつきも減少するので、微細で均一な結晶粒組織が得られ、高い磁気特性を有する永久磁石が実現する。

【0017】また、ノズル12と風防2との間に吸気部材200を設けて、パドル113付近を部分的に減圧するように構成すれば、前記した不活性ガス巻き込みはさらに低減される。

【0018】ところで、従来、高速急冷方法における冷却ロールの材質には、溶湯状合金との濡れ性、熱伝導度、熱容量、耐摩耗性等を考慮し、目的に応じて、銅、銅ベリリウム合金、ステンレス、工具鋼等の種々の金属や合金が用いられているが、冷却ロールが1種類の材質だけから構成されている場合、下記のような問題が生じる。

【0019】すなわち、銅系材料は熱伝導度が高く、例えば銅の熱伝導度は3.85J/(cm・s・K)であり早い冷却速度を得ることができるが、熱の移動が早すぎるために、得られる金属薄帯はロール面側とフリー面側とで冷却速度に差が生じてしまう。また、銅系材料は耐摩耗性が低いという欠点も有する。

【0020】また、例えば、鉄系材料は銅系材料のような問題は生じないが、逆に熱伝導度が小さい（ステンレスの熱伝導度は0.245J/(cm・s・K)）ために冷却速度が不十分となり、所望の組織構造の磁性金属が得られにくい。しかも、熱伝導度の低い材質を冷却ロールに用いて合金溶湯の高速急冷を連続的に行なった場合、冷却ロール芯部への熱の伝導が不十分となるために冷却ロール周面付近の温度上昇が著しくなる。このため、冷却速度が次第に低くなってしまい、良好な特性の磁性金属が得られず、また、同一ロット内での特性のバラツキを生じる。

【0021】しかし、上記したように、冷却ロールに表

面層を設け、この表面層の熱伝導率を基材の熱伝導率よりも低いものとし、さらに、表面層の厚さを最適範囲に設定すれば、単一材料で構成された従来の冷却ロールの欠点が改良され、ロール面側の冷却速度とフリー面側の冷却速度との差が小さくなる。

【0022】また、本発明では、合金溶湯と接触する周面の中心線平均粗さRaが上記範囲の冷却ロールを用いることが好ましい。

【0023】一般に、冷却ロールの周速度が速くなるほど合金の冷却速度は増加する。これは、周速度が速くなると、単位時間あたりに供給される冷却ロール周面の面積が増加するためである。ところが、上記したRaの周面を有する冷却ロールを用いると、冷却ロール周面と接触した合金溶湯は、冷却ロール周面の凸部とは密着するが凹部との密着性が低く、周速度が速くなるほど凹部との密着性はさらに低下する。このため、周速度が速いほど冷却ロール周面と合金との接触面積が小さくなり、冷却速度は低下する。従って、上記Raの周面を有する冷却ロールの周速度を増加させると、供給される冷却ロール周面面積増大による冷却速度増加と、上記Raの冷却ロール周面に起因する冷却速度低下とが総合され、結果として合金の冷却速度は殆ど変わらない。このため、得られる永久磁石材料は、冷却ロールの周速度が変動しても結晶粒径が殆ど変化せず、磁気特性の周速度依存性が極めて低い。

【0024】その結果、冷却ロールの周速度管理を厳密にする必要がなく、また装置の実用的な寿命も伸び、低コストにて量産することができる。また、広範囲の周速度にてほぼ一定の冷却速度が得られるため、最適冷却速度を保ったまま周速度変更により永久磁石材料の厚さ変更を自在に行なうことができる。そして、永久磁石材料の厚さが薄いほどロール面側とフリー面側との結晶粒径の差が小さくなるため、上記した表面層を有する冷却ロールの効果は、さらに向上する。

【0025】なお、合金溶湯射出ノズル径を細くすることによっても薄い永久磁石材料を得ることができるが、R-Fe-B系合金は射出ノズルと反応し易いので、径の細いノズルにより連続的に溶湯状合金の射出を行なうとノズルに閉塞を生じ易い。しかし、冷却ロールの周速度を増加させることにより薄い合金薄帯を製造する場合、ノズル閉塞が生じないので量産性が良好である。

【0026】上記Raの周面を有する冷却ロールを用いて得られた永久磁石材料のロール面のRaは、通常、冷却ロール周面のRa以下となる。これは、上記したように冷却ロールの周速度が増加するほど合金と冷却ロールとの密着性が低下するためである。

【0027】また、本発明では、冷却ロール周面に向かう方向に不活性ガス流を吹き付けることにより、冷却ロール周面付近に存在する合金を冷却ロール側に押し付け、合金と冷却ロール周面との接触時間を延長させるこ

とが好ましい。

【0028】片ロール法では、回転する冷却ロール周面に衝突した溶湯状の合金は、冷却ロール周面に引きずられるようにして薄帯状となって冷却され、次いで冷却ロール周面から離れる。このような片ロール法において、合金が十分に長く冷却ロール周面と接触していれば、ロール面側とフリー面側とは共に冷却ロールへの熱伝導により比較的均一に冷却される。すなわち、結晶粒径の均一な急冷合金を得るためには、合金のロール面側がほぼ凝固してフリー面側が溶融状態にあるときに、合金が冷却ロール周面と十分に接触していることが必要とされる。

【0029】しかし、溶湯状のR-Fe-B系合金は冷却ロール周面に衝突後、速やかにロール周面から離れるため、ロール面側では主として冷却ロールへの熱伝導により冷却されるが、フリー面側では主として雰囲気中への放熱により冷却されることになり、ロール面側とフリー面側とで冷却速度が極端に違ってしまふ。

【0030】そこで、上記方法により合金と冷却ロール周面との接触時間を延長させれば、フリー面側の冷却において冷却ロールへの熱伝導に依存する割合が増加し、ロール面側とフリー面側との冷却速度の差が著しく小さくなる。また、不活性ガスはフリー面側に吹き付けられるので、フリー面側の冷却速度はさらに向上する。従って、ロール面側とフリー面側とで冷却速度の差が小さくなる。また、冷却効率が向上するため、必要とされる冷却ロールの回転速度が例えば5~15%程度低くなり、冷却装置の負担が少なくなる。

【0031】

【具体的構成】以下、本発明の具体的構成について詳細に説明する。本発明では、R（ただし、RはYを含む希土類元素の1種以上である。）と、FeまたはFeおよびCoと、Bとを含有する溶湯状の合金をノズルから射出し、ノズルに対して回転している冷却ロールの周面と接触させることにより前記合金を一方向から冷却して永久磁石材料を製造する。すなわち、本発明では、溶湯状合金の急冷に片ロール法を用いる。

【0032】図1は、本発明を模式的に説明する図である。図1において、冷却ロール13およびノズル12は不活性ガス雰囲気中にあり、冷却ロール13は矢印方向に回転している。そして、冷却ロール13近傍の不活性ガスはその粘性により冷却ロール回転方向の速度をもつガス流となっている。合金溶湯11は、ノズル12から射出されて冷却ロール13の周面に接触し、冷却されて薄帯状永久磁石材料112となり、冷却ロール13の回転方向に飛び去る。図中においてノズル12の右側（回転方向の手前側）の冷却ロール周面近傍には、風防2が設けられている。風防2は、冷却ロール13周面に添って流れる前記した不活性ガス流の少なくとも一部を遮断し、パドル113に前記ガス流が当たることを抑える。

これにより、冷却ロール周面と射出された合金溶湯との間に巻き込まれる不活性ガス量を低減できる。

【0033】風防2は、パドル113に達する前記ガス流の少なくとも一部を遮断できるものであればその構成に特に制限はないが、製造が容易でガス流遮断効果が高いことから、板状体を用い、例えば図1に示されるように形状加工して風防2とすることが好ましい。図1に示される風防2は屈曲部を2箇所有し3つの平板部から構成されている。板状の風防2が弾性を有する場合、最も冷却ロールに近い平板部は、冷却ロール回転に伴うガス流を受けて風防2の少なくとも下部を冷却ロール周面から浮上させる作用を有する。この平板部と冷却ロール周面とのなす角度やこの平板部の面積を調整することにより、浮上量、すなわち風防と冷却ロール周面との距離を制御することが可能である。ただし、剛性の高い風防を用いて、冷却ロールの回転によらず風防と冷却ロールとの距離を一定に保つ構成としてもよい。

【0034】また、図1に示される構成の風防の他、以下に示すような構成の風防が好ましい。例えば、図1に示される構成の風防の幅方向端部に冷却ロール側面の少なくとも一部を覆うような側板を設け、好ましくはパドル113近傍の冷却ロール側面までこの側板で覆い、パドル側面付近から流入するガス流の少なくとも一部を遮断する構成としてもよい。また、縦方向や横方向に湾曲した風防を設けて、例えばパドルを取り囲むように断面U字形の風防を設けて、ガス流を整流し、パドル付近へのガス流の巻き込みを抑える構成としてもよい。

【0035】風防2と冷却ロール周面との距離は特に限定されず、風防の位置や冷却ロール13の周速度などに応じて適宜設定すればよいが、冷却ロール回転に伴って発生するガス流の速度は冷却ロール周面で最も高く、周面から離れるに従って急激に減少するので、前記ガス流を効果的に遮断するためには、冷却ロール回転時における前記距離を5mm以下、特に3mm以下とすることが好ましい。また、前記距離の下限は特にないが、冷却ロール周面の凹凸や冷却ロールの偏心などによって冷却ロール回転時に風防と冷却ロール周面とが接触することがあるので、これを避けるために、前記距離は0.1mm以上、特に0.2mm以上とすることが好ましい。なお、前記距離は風防の幅方向に互って一定とすることが好ましいが、前記範囲内であれば、場所によって異なっているとしてもよい。

【0036】また、風防の幅（冷却ロール周面の幅方向における風防の端部間距離）は特に限定されないが、冷却ロール周面の幅以上とすることが好ましく、特に冷却ロール周面の幅よりも10%程度長くすることが好ましい。

【0037】風防の高さにも特に制限はない。すなわち、遮断すべきガス流の様相は冷却ロールの周速などにより異なるので、必要に応じて高さを適宜設定すればよ

い。また、合金溶湯を収容したノズルも前記ガス流にさらされるので、冷却され易いノズルを用いる場合には、ノズルに当たるガス流が遮断できるように風防の高さを設定することが好ましい。ノズルの冷却を防止することにより、溶湯温度を安定させてノズルからの溶湯吐出量を安定させることができるので、長さ方向に均質な永久磁石材料を得ることができ、また、ロット間での特性差も少なくすることができる。

【0038】ノズルに対する風防の位置は特に限定されず、ガス流巻き込みを効果的に防止できるように冷却ロールの寸法や周速度などに応じて適宜位置を設定すればよいが、通常、ノズル中心位置と風防との距離は、冷却ロール周面に添って測った場合に150mm以下、特に70mm以下程度とすることが好ましい。

【0039】風防の材質は特に限定されない。すなわち、各種金属や樹脂など、ガス流を遮断可能なものから適宜選択すればよい。

【0040】本発明では、風防2とパドル113との間の冷却ロール13周面近傍に、吸気手段を設けてもよい。吸気手段は、パドル付近の雰囲気ガスを吸気して部分的に減圧する作用を果たし、合金溶湯と冷却ロール周面との間に巻き込まれる雰囲気ガスの量をさらに低減させる。

【0041】吸気手段の構成は特に限定されないが、長手方向が冷却ロール周面の幅方向であるようなスリット状の吸気口を有するものを用いることが好ましい。このような吸気手段としては、例えば図1および図2に示される構成の吸気部材200を用いることが好ましい。図2に示される吸気部材200は、円筒状の周壁201と、この周壁201を貫通するスリット状吸気口202とを有する。スリット状吸気口202の長手方向は吸気部材の軸、すなわち円筒状の周壁201の軸とほぼ平行である。円筒状の周壁201の一方の端部（図示例では、紙面の表側に存在する。）は閉塞されており、他方の端部には、連通孔203を介して周壁201内に連通するガス管204が接続され、このガス管204の他端には図示しないポンプが接続されている。ポンプの駆動により雰囲気ガスはスリット状吸気口202から吸入され、スリット状吸気口202の近傍は減圧される。

【0042】このような吸気部材200は、吸気部材の軸と前記冷却ロールの軸とがほぼ平行となるように冷却ロール近傍に配置される。そして、吸気部材200を、その軸がほぼ回転中心となるように回転させたり、吸気部材200のパドル113に対する位置を変更したり、雰囲気ガスの吸気量を変更したりすることにより、パドル付近の減圧度を制御することができる。

【0043】吸気手段の効果は、吸気口形状やその寸法、単位時間当たりの吸気量等によって異なるので、スリット状吸気口の位置は特に限定されず、所望の効果が得られるように実験的に決定すればよいが、通常、吸気

口とノズルとの距離は冷却ロール周面に添って測った場合に5~70mm程度とすることが好ましく、吸気口と冷却ロール周面との距離は0.1~1.5mm程度とすることが好ましい。

【0044】なお、風防および吸気手段に関する具体的構成は、製造した永久磁石材料のロール面の凹凸や結晶粒径等を調査して実験的に決定すればよい。

【0045】本発明では、冷却ロールとして、基材とこの基材周面に形成された表面層を有し、表面層の熱伝導度が基材の熱伝導度より低く構成されているものを用いることが好ましい。この場合、表面層の熱伝導度は0.6 J/(cm·s·K)以下、特に0.45 J/(cm·s·K)以下であることが好ましい。熱伝導度が上記範囲を超えると、冷却開始後に速やかに表面層温度が一定とならず、効果が不十分となる。また、表面層の熱伝導度の下限に特に制限はないが、0.1 J/(cm·s·K)未満になると熱移動が悪くなるため表面層の表面付近のみが高温となり、焼き付きが発生する場合もある。なお、本明細書における熱伝導度は、常温、常圧での値である。

【0046】冷却ロールの耐久性を考慮すると、表面層を構成する材質は融点および耐摩耗性が高い材質から選択されることが好ましい。表面層を構成する好ましい材質は、Cr、Ni、Co、Nb、V等の単体、あるいはステンレス、焼き入れ鋼等、前記元素の1種以上を含有する合金である。合金である場合、これらの元素は20重量%以上含有されることが好ましい。

【0047】このような表面層の厚さは、10~100μm、特に20~50μmであることが好ましい。表面層の厚さが前記範囲内であれば、基材への熱移動が速やかに行なわれ、その結果、主として低R相から構成される粒界相の析出が良好となり、高いBrが得られる。表面層の厚さが前記範囲を外れると、このような効果は得られない。なお、前記範囲内における具体的厚さの決定は、表面層形成方法、その構成材料の熱伝導度、冷却ロールの寸法、冷却ロールと合金溶湯との相対速度などの種々の条件を考慮して行なえばよい。

【0048】表面層の形成方法に特に制限はなく、その材質などに応じて、液相めっき、気相めっき、溶射、薄板の接着、円筒状部材の焼きばめ等の種々の方法から選択することができる。なお、表面層形成後、必要に応じてその表面を研磨してもよい。

【0049】このような表面層を有する冷却ロールを用いて得られた永久磁石材料のロール面近傍は、表面層構成元素を含むことがある。永久磁石材料に含有される冷却ロール表面層構成元素は、高速急冷時に冷却ロール周面から拡散されたものである。この場合、表面層構成元素の含有量は、ロール面から厚さ方向に20nm以下の範囲で、10~500ppm程度である。

【0050】冷却ロールの基材は、上記のような熱伝導度の関係を満たす材質から構成されれば、その他特に制

限はなく選択することができ、例えば、銅、銅系合金、銀、銀系合金等を好適に用いることができ、融点の低い合金の高速急冷に用いる場合にはアルミニウム、アルミニウム系合金も用いることができるが、熱伝導度が高いこと、安価であることなどから、銅または銅系合金を用いることが好ましい。銅系合金としては、銅ベリリウム合金等が好ましい。

【0051】なお、基材の熱伝導度の範囲は、1.4 J/(cm·s·K)以上であることが好ましく、より好ましくは2 J/(cm·s·K)以上、さらに好ましくは2.5 J/(cm·s·K)以上である。

【0052】基材構成材質と表面層構成材質の好ましい組み合わせは、銅系合金の基材とNi、CoまたはCrの表面層であり、これらのうちCoまたはCrの表面層がより好ましく、Crの表面層がよりいっそう好ましい。

【0053】上記した冷却ロールを用いて得られる永久磁石材料では、高速急冷時に冷却ロールに接触した面（ロール面）から永久磁石材料の厚さ方向に最も遠い領域をDとし、ロール面の近傍領域をPとしたとき、Dにおける平均結晶粒径dと、Pにおける平均結晶粒径pとの関係を、 $d/p \leq 10$ 、特に $d/p \leq 4$ 、さらには $d/p \leq 2.5$ とすることができる。なお、 d/p の下限は通常1であるが、前述した冷却ロールを用いた場合、 $1.5 \leq d/p \leq 2$ 程度の良好な値を容易に得ることができる。

【0054】これらの各領域における平均結晶粒径は、以下のようにして算出する。本発明では片ロール法を用いるが、この場合、永久磁石材料は、通常、薄帯状として得られ、ロール面およびそれと対向する面（フリー面）が主面となる。本明細書において永久磁石材料の厚さ方向とは、この主面の法線方向を意味する。そして、上記した領域Dはフリー面近傍領域となり、領域Pはロール面近傍領域となる。この場合、領域Dおよび領域Pの磁石厚さ方向の幅は、いずれも磁石厚さの1/5とする。なお、永久磁石材料が、薄片状あるいは扁平粒子状として得られる場合も同様である。

【0055】これらの領域中における平均結晶粒径の測定は、走査型電子顕微鏡によって行なうことが好ましい。領域Dにおける平均結晶粒径dは、0.01~2μm、特に0.02~1.0μmであることが好ましく、領域Pにおける平均結晶粒径pは、0.005~1μm、特に0.01~0.75μmであることが好ましい。平均粒径がこの範囲未満であるとエネルギー積が低下し、この範囲を超えると高い保磁力が得られない。

【0056】また、結晶粒界の幅は、領域Dにおいて0.001~0.1μm、特に0.002~0.05μmであることが好ましく、領域Pにおいて0.001~0.05μm、特に0.002~0.025μmであることが好ましい。結晶粒界の幅がこの範囲未満であると

高い保磁力が得られず、この範囲を超えると飽和磁束密度が低下する。

【0057】なお、永久磁石材料の厚さは、 $10\mu\text{m}$ 以上とすることが好ましい。厚さが $10\mu\text{m}$ 未満となると、ボンディッド磁石にする際の粉末化工程およびそのハンドリングにおいて不必要に表面積が増大し、酸化しやすくなるからである。

【0058】冷却ロールの溶湯状合金と接触する周面の中心線平均粗さ R_a は、 $0.07\sim 5\mu\text{m}$ 、特に $0.15\sim 4\mu\text{m}$ とすることが好ましい。冷却ロール周面の R_a が前記範囲未満であると、周速度を増加させても冷却ロール周面と合金との密着性が低下せず、冷却速度の周速度依存性が高くなってしまう。冷却ロールの R_a が前記範囲を超えると、薄帯状永久磁石材料の厚さに対して冷却ロール周面の表面粗さが無視できない程大きくなり、薄帯厚さが不均一になる傾向にある。

【0059】なお、中心線平均粗さ R_a は、JIS B 0601に規定されている。

【0060】このような冷却ロールを用いて得られる永久磁石材料は、ロール面の R_a が $0.05\sim 4.5\mu\text{m}$ 、好ましくは $0.13\sim 3.7\mu\text{m}$ となる。

【0061】永久磁石材料の厚さは $60\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。このような厚さとすることにより、ロール面側とフリー面側との平均結晶粒径の差を小さくすることができる。また、上記 R_a の冷却ロールを用いれば広い周速度範囲においてほぼ一定の冷却速度が得られるため、溶湯状合金の射出ノズルの径を絞ることなく $45\mu\text{m}$ 以下の厚さの薄帯状永久磁石材料を得ることができる。

【0062】本発明を実施する際の雰囲気ガスである不活性ガスに特に制限はなく、 Ar ガス、 He ガス、 N_2 ガス等の各種不活性ガスから適宜選択すればよいが、 Ar ガスを用いることが好ましい。また、雰囲気ガスの圧力にも特に制限はないが、装置の構造を簡素にすることができることから $0.1\sim 2$ 気圧程度、通常、 1 気圧の不活性ガス流中で行なえばよい。このような圧力のガス流中で合金溶湯の冷却を行なった場合でも、上記した風防あるいはさらに吸気手段を用いることにより、合金溶湯と冷却ロールとの間への雰囲気ガス巻き込みを著しく少なくすることができ、ロール面近傍での結晶粒径の均一性を高くすることができる。例えば、ロール面近傍領域における結晶粒径の標準偏差を、 13nm 以下、特に 10nm 以下とすることが容易にできる。この場合のロール面近傍領域とは、前述した領域Pと同一であり、ロール面から磁石厚さの $1/5$ までの領域である。

【0063】この領域における結晶粒径の標準偏差は、下記のようにして算出することが好ましい。まず、上記領域中において、透過型電子顕微鏡により視野中に結晶粒が約 100 個以上入る写真を撮影する。この写真を上記領域中において無作為に 30 枚以上、好ましくは 50

枚以上撮影し、画像解析等により各視野中での平均粒径を測定する。この場合の平均粒径は、通常、結晶粒を円に換算したときの平均直径となる。次いで、これらの平均粒径の標準偏差を求める。

【0064】本発明では、冷却ロール周面に向かう方向に不活性ガス流を吹き付けることにより、冷却ロール周面付近に存在する合金と冷却ロール周面との接触時間を延長させることが好ましい。

【0065】図1に、不活性ガス流を吹き付ける場合を模式的に示す。図1に示す片ロール法では、合金溶湯11をノズル12から射出し、ノズル12に対して回転している冷却ロール13の周面に衝突させ、冷却ロール13周面付近に存在する合金111を冷却ロール13周面と接触させることにより、合金111を一方向から冷却する。なお、冷却ロール13は、前述した基材131と表面層132とから構成される。

【0066】そして、冷却ロール13周面に向かう方向に不活性ガス流を吹き付けることにより、冷却ロール13周面付近に存在する合金111と冷却ロール13周面との接触時間を延長させる。不活性ガス流を吹き付けない場合、冷却ロール13に衝突後の合金は、図中点線で示したように冷却ロール13周面から離れ、合金と冷却ロール周面との接触時間は短くなってしまふ。

【0067】なお、合金111は、ノズル12からの距離にもよるが、凝固体ないしは溶融体、あるいはこれらが共に存在する状態であり、通常、ロール面側において凝固体の割合が多く、フリー面側において溶融体の割合が多い薄帯状である。

【0068】不活性ガス流を吹き付ける方向は、合金111を挟んで冷却ロール13周面に向かう方向であれば特に制限はないが、図1中に矢印で示すように、不活性ガス流の吹き付け方向と、冷却により得られる薄帯状永久磁石材料112の進行方向との成す角度が鈍角となるように吹き付けることが好ましい。この角度は、 $100\sim 160^\circ$ 程度であることが好ましい。これは、吹き付けられた不活性ガスがパドル113に直接あたることを防ぎ、パドルを定常状態に保つためである。パドルに不活性ガスが直接吹き付けられると、パドルの一部が冷却され、その部分の粘度が高くなり、パドルの形状が変わってしまうこともある。このため、均一な厚さの合金薄帯が得られなくなってしまう。なお、薄帯状永久磁石材料112の進行方向とは、合金111が冷却ロール13周面から離れる場所での冷却ロール周面の接線方向とほぼ等しい。

【0069】また、冷却ロールに衝突した直後の合金は、フリー面からかなり深い部分まで溶融状態であり、この状態の合金にガスを吹き付けると、ガス流によりフリー面が波打ち状態になって均一な厚さの合金薄帯が得られず、また、合金内での熱移動に遅速を生じ、結晶粒径にばらつきを生じる。このため、冷却ロールに衝突し

た直後の合金に不活性ガスを吹き付けることは避けることが好ましい。

【0070】具体的には、合金に不活性ガスを吹き付ける位置は、ノズル12の直下を起点としてノズル12の径の5倍以上離れた位置であることが好ましい。

【0071】また、パドルから極端に離れた位置では合金のフリー面側が完全に凝固しているため、不活性ガスを吹き付けても上記した効果は得られない。従って、冷却ロールの直径等、他の条件にもよるが、例えば、合金に不活性ガスを吹き付ける位置は、ノズル12の直下を起点としてノズル12の径の50倍以下離れた位置とすることが好ましい。なお、この場合の不活性ガスを吹き付ける位置とは、不活性ガス流の中心ではなく、ガス流のノズル12に近い側の端部とする。また、ノズルがスリット状である場合のノズル径とは、冷却ロール回転方向に測った径とする。このように不活性ガスを吹き付ける位置をノズル径に関連させて定めるのは、ノズル径の大小によりパドルの状態や冷却効率が変わり、合金の熔融状態がこれらに従って変わるためである。

【0072】不活性ガスの吹き付け方向、流量、流速、噴射圧力等の各種条件に特に制限はなく、ノズル径、合金溶湯の射出量、冷却ロールの寸法、冷却時の雰囲気等の各種条件を考慮し、さらには実験的に、合金のロール面側とフリー面側とで好ましい結晶粒径が得られるように設定すればよいが、例えば、1気圧程度の不活性ガス雰囲気中で0.3~5mm径程度のノズルから合金溶湯を射出する場合、不活性ガスは長手方向が合金薄帯の幅方向であるようなスリットから噴射されることが好ましい。この場合、スリット幅は0.2~2mm程度、スリット長手方向の寸法は合金薄帯幅の3倍以上、スリットと冷却ロール周面との距離は0.2~1.5mm程度であることが好ましい。また、噴射圧力は1~9kg/cm²程度であることが好ましい。スリットと冷却ロール周面との距離が前記範囲未満となるとスリットと冷却ロール周面上の合金とが接触することがある。また、前記距離が前記範囲を超えると噴射された不活性ガスが拡散し、所定の効果が得られにくくなり、また、パドルが冷却され易くなる。

【0073】不活性ガスを吹き付けるための手段に特に制限はないが、本発明では、上記したようなスリット状等の不活性ガス噴射口を有する噴射部材を用いることが好ましい。また、噴射部材を回転または移動することにより、不活性ガス流の吹き付け位置、すなわち、不活性ガス流のノズルに近い側の端部が合金に接触する位置を変更することができる構成とすることが好ましい。

【0074】具体的には、図3に示されるような噴射部材を用いることが好ましい。図3に示される噴射部材100は、円筒状の周壁101と、この周壁101を貫通するスリット状噴射口102とを有する。スリット状噴射口102の長手方向は噴射部材の軸、すなわち円筒状

の周壁101の軸とほぼ平行である。円筒状の周壁101の一方の端部（図示例では、紙面の表側に存在する。）は閉塞されており、他方の端部には、連通孔103を介して周壁101内に連通するガス管104が接続され、これにより不活性ガスが噴射部材100内部に送り込まれるように構成されている。噴射部材100内に充填された不活性ガスは、スリット状噴射口102から方向性をもって噴射される。

【0075】このような噴射部材100は、噴射部材の軸と前記冷却ロールの軸とがほぼ平行となるように冷却ロール近傍に配置される。そして、噴射部材100を、その軸がほぼ回転中心となるように回転させることにより、不活性ガス流の吹き付け方向を自在に変更することができる。

【0076】この態様にて製造された永久磁石材料は、冷却時に吹き付けた不活性ガスが、ロール面近傍よりもフリー面近傍により多く含まれていることを検出することが可能である。例えば、吹き付ける不活性ガスとしてArガスやN₂ガスをを用いた場合、オージェ分析等により容易に検出することができる。この場合、不活性ガスの含有量は、フリー面から厚さ方向に50nm以下の範囲で、例えば50~500ppm程度である。

【0077】なお、合金溶湯に吹き付ける不活性ガスは、雰囲気ガスと同種のものを用いることが好ましい。

【0078】本発明で用いる冷却ロールの寸法に特に制限はなく、目的に応じて適当な寸法とすればよいが、通常、直径150~1500mm、幅20~100mm程度である。また、ロール中心には、水冷用の孔が設けられていてもよい。

【0079】ロールの周速度は、ロール表面層の組成、合金溶湯の組成、目的とする永久磁石材料の組織構造、熱処理の有無等の各種条件によっても異なるが、好ましくは1~50m/s、特に5~35m/sとすることが好ましい。周速度が上記範囲未満であると、得られる永久磁石材料の大部分の結晶粒が大きくなりすぎる。また、周速度が上記範囲を超えると、大部分が非晶質となり磁気特性が低下する。

【0080】なお、通常、冷却ロールはその軸がほぼ水平となるように設置される。この場合、ノズルは図1に示されるように冷却ロールの軸を通る鉛直線上に設けてもよいが、必要に応じて前記鉛直線の冷却ロール回転方向前側（図中右側）または後ろ側（図中左側）に設けてもよい。

【0081】本発明により得られる永久磁石材料は、実質的に正方晶系の結晶構造の主相のみを有するか、このような主相と、非晶質および/または結晶質の副相とを有することが好ましい。R-T-B化合物（TはFeおよび/またはCo）として安定な正方晶化合物はR₂T₁₄B（R=11.76at%、T=82.36at%、B=5.88at%）であり、主相は実質的にこの化合物から

形成される。また、副相は、主相の結晶粒界として存在する。

【0082】なお、本発明により製造された永久磁石材料には、特性改善のための熱処理が施されてもよい。

【0083】本発明で用いる合金溶湯の組成は、R（ただし、RはYを含む希土類元素の1種以上である。）と、FeまたはFeおよびCoと、Bとを含有するものであれば組成に特に制限はなく、どのような組成であっても本発明の効果は実現するが、永久磁石としたときの磁気特性が高いことから下記の組成を有することが好ましい。

【0084】

R：5～20at%、

B：2～15at%および

Co：0～55at%

を含み、残部が実質的にFeであるもの。

【0085】より好ましくは

R：5～17at%、

B：2～12at%および

Co：0～40at%

を含み、残部が実質的にFeであるもの。

【0086】Rについてさらに説明すれば、RはYを含む希土類元素の1種以上であるが、高い磁気特性を得るために、Rとして特にNdおよび/またはPrを含むことが好ましい。Ndおよび/またはPrの含有量は、R全体の60%以上であることが好ましい。

【0087】上記各元素の他、添加元素として、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W、Ti、VおよびCrの1種以上が含有されていてもよい。これらの元素は、結晶成長を抑制する作用を有する。また、Cu、MnおよびAgの1種以上が含有されていてもよい。これらの元素は、塑性加工時の加工性を改善する作用を有する。これら添加元素の総含有量は、全体の15at%以下であることが好ましい。さらに、耐食性を向上させるためには、Niが含有されることが好ましい。Niの含有量は、上記添加元素と合わせて30at%以下であることが好ましい。

【0088】なお、Bの一部を、C、N、Si、P、Ga、Ge、SおよびOの1種以上で置換してもよい。置換量は、Bの50%以下であることが好ましい。

【0089】このような組成は、原子吸光法、蛍光X線法、ガス分析法等によって容易に測定できる。

【0090】

【実施例】以下、本発明の具体的実施例を示し、本発明をさらに詳細に説明する。銅ベリリウム合金製の円筒状基材の周面に、電解めっきにより厚さ50μmのCr表面層を形成し、冷却ロールを作製した。基材の熱伝導度は3.6J/(cm²・s・K)、表面層の熱伝導度は0.43J/(cm²・s・K)であった。

【0091】この冷却ロールを用いて、永久磁石材料サ

ンプルを下記のようにして作製した。

【0092】まず、9.4Nd-2.6Zr-8B-80Feの組成（数値は原子百分率を表わす）を有する合金インゴットをアーク溶解により作製した。得られた合金インゴットを石英ノズルに入れ、高周波誘導加熱により溶湯とした。

【0093】この溶湯を、上記冷却ロールを用いた片ロール法により高速急冷し、永久磁石材料サンプルNo. 1を得た。高速急冷はArガス雰囲気で行ない、雰囲気圧力は1気圧とした。

【0094】なお、片ロール法は、図1に示される風防2を設けて行なった。風防はCu薄板とし、ノズルに対する位置は固定した。冷却ロール基材の寸法は、直径500mm、幅60mmとし、風防の寸法は、幅80mm、厚さ0.5mm、風防下端の折れ曲がり部の長さは5mmとした。また、冷却ロール周面と風防との距離は1mmとし、風防最下端とノズル中心軸との距離は20mmとした。

【0095】なお、ノズル先端と冷却ロール周面との距離は0.5mm、溶湯射出圧力は1kg/cm²とし、加圧にはArガスを用いた。また、冷却ロールの周速度は20m/sとした。

【0096】得られたサンプルNo. 1は、幅2mm、厚さ45μmの薄带状であった。このサンプルを、その断面が容易に観察できる方向に切断し、フリー面から薄帯厚さの1/5までの範囲の平均結晶粒径dおよびロール面から薄帯厚さの1/5までの範囲の平均結晶粒径pを走査型電子顕微鏡で測定し、d/pを算出したところ、d/p=3であった。

【0097】また、サンプルNo. 1の(BH)_{max}を測定したところ、17.5MGOeであった。なお、サンプルNo. 1のロール面から20nm以下のCr含有量は、100ppmであった。

【0098】さらに、図1に示されるように、ノズル12と風防2との間に、図1および図2に示される構成の吸気部材200を設け、その他はサンプルNo. 1と同様にしてサンプルNo. 2を作製した。吸気部材200のスリット状吸気口202の長さおよび幅は、それぞれ5mmおよび0.5mmとした。また、スリット状吸気口202の中心位置は、ノズル12の中心から10mmとし、冷却ロール13周面から2mmの高さとした。吸気部材にはロータリーポンプを接続し、50l/minで吸気を行なった。

【0099】このサンプルNo. 2では、d/p=2.5、(BH)_{max}=18.0MGOeであった。

【0100】また、比較のために、上記風防を設けなかった他はサンプルNo. 1と同様にして、比較サンプルNo. 3を作製した。この比較サンプルNo. 3では、d/p=1.0、(BH)_{max}=15.5MGOeであった。

【0101】上記各サンプルを比較したところ、本発明によるサンプルNo. 1および2では、比較サンプルNo.

3のロール面にみられたArガス巻き込みに起因する周波数の低い凹凸が観察されなかった。また、領域Pにおける平均結晶粒径の標準偏差は、比較サンプルNo. 3では15nmであったのに対し、本発明によるサンプルNo. 1および2では10nm以下となり、磁気特性の向上が認められた。

【0102】また、上記した風防を設けた場合と設けない場合について、ノズルの位置におけるガス流の風速を測定した。ただし、風速測定点の冷却ロール周面から高さは5mmとした。冷却ロールの周速度とガス流の風速との関係を図4に示す。図4から、風防を設けることにより効果的にガス流が遮断されていることが明らかである。

【0103】なお、Cr表面層に替え、Ni無電解めっき膜、Co溶射膜、Vの焼ばめまたはNb薄板の接着により表面層を形成した冷却ロールを用いた場合でも、Cr表面層の場合と同様に、表面層厚さに応じて d/p の減少が認められ、永久磁石材料のロール面から20nm以下の範囲において10~500ppmの表面層構成元素の含有が認められた。

【0104】また、上記各場合において、冷却ロール表面層の中心線平均粗さRaを0.07~5 μ mとして永久磁石材料を作製したところ、高い保磁力が得られる周速度範囲が著しく拡大し、かつ d/p の減少がみられ、磁気特性の向上が認められた。

【0105】また、合金溶湯の急冷時に、図1に示されるように、合金111を挟んで冷却ロール13周面に向かう方向にArガスを吹き付けた。このときガスの吹き付け方向と、冷却により得られた薄帯状永久磁石材料の進行方向との成す角度は120°とし、ガスの噴射圧力は2kg/cm²とした。また、合金にあたるArガス流のノズル側端部と、冷却ロール周面のノズル直下位置との距離が、ノズル径の6倍になるように吹き付けを行なった。Arガスの吹き付けには、図3に示されるような噴射部材を用いた。この結果、 d/p がさらに減少し、磁気特性の向上が認められた。そして、得られた永久磁石

材料をオージェ分析したところ、フリー面から50nm以下の範囲で200ppm、ロール面から50nm以下の範囲で30ppmのArの含有が認められた。以上の実施例の結果から、本発明の効果が明らかである。

【0106】

【発明の効果】本発明によれば、結晶粒径の揃った永久磁石材料が得られる。このため、本発明は、ボンディッド磁石用永久磁石材料の製造に極めて好適である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の好適実施例を表わす模式図である。

【図2】本発明に用いる不活性ガスの吸気部材の好適例を示す断面図である。

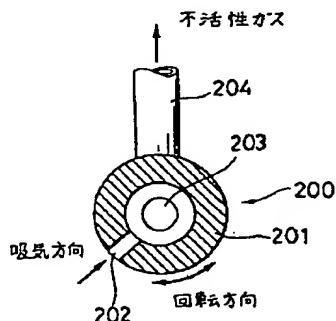
【図3】本発明に用いる不活性ガスの噴射部材の好適例を示す断面図である。

【図4】冷却ロールの周速度と、冷却ロール回転により生じるガス流の風速との関係を表わすグラフである。

【符号の説明】

- 11 合金溶湯
- 111 合金
- 112 薄帯状永久磁石材料
- 113 パドル
- 12 ノズル
- 13 冷却ロール
- 131 基材
- 132 表面層
- 100 噴射部材
- 101 側壁
- 102 スリット状噴射口
- 103 連通孔
- 104 ガス管
- 200 吸気部材
- 201 側壁
- 202 スリット状吸気口
- 203 連通孔
- 204 ガス管

【図2】



【図3】

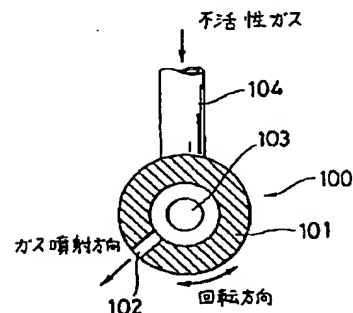


Figure 1 is a line graph showing the relationship between cooling coil rotational speed (x-axis) and wind speed (y-axis). The x-axis is labeled '冷却コイル回転速度 (m/s)' and ranges from 0 to 40. The y-axis is labeled '風速 (m/s)' and ranges from 0 to 6. There are two data series: '風防無し' (No wind protection) represented by a solid line with open circle markers, and '風防有り' (With wind protection) represented by a dashed line with open square markers. The '風防無し' series shows a steeper linear increase in wind speed with rotational speed, while the '風防有り' series shows a much shallower increase.

冷却コイル回転速度 (m/s)	風速 (m/s) (風防無し)	風速 (m/s) (風防有り)
0	0.0	0.0
10	1.7	0.8
12	2.1	0.9
15	2.9	0.9
17	3.5	0.9
20	4.0	1.0
22	4.6	1.1
25	4.9	1.2
28	5.6	1.4
30	6.0	1.5
35	6.8	1.6

THIS PAGE BLANK (USPTO)